

BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Offenlegungsschrift
DE 197 53 658 A 1

int. Cl.⁸
B 21 D 26/00
B 21 D 53/88
C 22 C 1/09

① Aktenzeichen: 197 53 658.1
② Anmeldetag: 3. 12. 87
③ Offenlegungstag: 17. 6. 89

DE 197 53 658 A 1

④ Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑤ Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
Anwaltssozietät, 80538 München

⑥ Erfinder:
Hipke, Thomas, Dipl.-Ing., 39432 Großbiersdorf,
DE; Putz, Matthias, Dr.-Ing., 09116 Chemnitz, DE;
Naumann, Bernd, Dr.-Ing., 99100 Alach, DE

⑦ Entgegenhaltungen:
DE 44 07 909 A1
CH 5 64 354

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑧ Bauteil mit einer aus einem duktilen Material gebildeten Materiallage sowie Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines derartigen Bauteils
- ⑨ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils, das eine aus einem duktilen Material gebildete, im Rahmen zumindest eines Umformschrittes umgeformte Materiallage und einen aus einem Metallschaum gebildeten Ausschnitt aufweist. Erfindungsgemäß wird im Rahmen des Umformschrittes die Materiallage durch einen über den Metallschaum als Umformdruckmedium ausgeübten Umformdruck umgeformt. Die Erfindung betrifft ferner ein entsprechend hergestelltes Bauteil sowie eine Vorrichtung zur Herstellung eines derartigen Bauteils.

DE 197 53 658 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Bauteil mit einer aus einem oder mehreren gebildeten Materiallage zur Veranlassung zur Herstellung eines Bauteils, das eine vorgegebene Funktion Material darstellt, im Rahmen zumindest eines Unterformschrittes angeformte Materiallage aufweist sowie eine Vorrichtung zur Herstellung eines derartigen Bauteils.

Zur Herstellung dünnwandiger Körper mit komplexer Außenkonturform ist es bekannt, entsprechende Ausgangs-Blechlagen durch ein ggf. mehrstufiges Tiefziehverfahren umzuformen. Bei einer derartigen Tiefzieh-Umformung wird vorwiegend ein Umformstempel auf eine, auf ein Unterformgeschick aufgelegte und ggf. mit Randbereich festgespannte Materiallage abgeworfen. Alternativ zu einem derartigen Umformen mittels Unterformgeschick und Umformstempel ist es insbesondere bei der Herstellung rohrförmiger Bauteile bekannt, diese im Inneren eines entsprechenden Formraumes durch Druckförmigkeit umzuformen. Hierzu werden die vorzugsweise rohrförmigen, z. T. vorgeformten Halbzeuge in ein Formwerkzeug mit abzubildender Innenkontur eingelegt, das rohrförmige Halbzeug wird verschlossen und über eine Druckquelle mit Druckflüssigkeit gefüllt, wobei sich das rohrförmige Ausgangshalbzeug allmählich aufweitert und an die Innenwandung des Formwerkzeuges anlegt. Gegebenenfalls kann während dieses Umformvorganges kontinuierlich Material in das Formwerkzeug nachgeschoben werden, wodurch die während des Umformvorganges in dem Material auftretenden Spannungen teilweise gezielt beeinflusst werden können.

Derartige, durch Innenhochdruckumformen (IHU)-Umformen hergestellte Bauteile werden beispielsweise als Anlagenteile in Fahrzeugen verwendet. Neben einem derartigen Innenhochdruckumformen rohrförmiger Ausgangshalbzeuge ist es auch möglich, ein beispielsweise plattenförmiges Ausgangsmaterial auf ein Unterformgeschick aufzulegen und anstelle des beim Tiefziehverfahren üblicherweise verwendeten Umformstempels das plattenförmige Ausgangsmaterial ebenfalls durch einen Druck, stehende Flüssigkeit gegen eine Formwand zu drängen. Durch ein derartiges Umformverfahren lassen sich vergleichsweise großflächige Bauteile wie beispielsweise Karosserieteile herstellen. Derartige Karosserieteile weisen üblicherweise eine vergleichsweise geringe Dichtestärke auf und bilden erst in Verbindung mit mehreren entsprechend ausgeformten Karosserieteilen eine tragfähige Struktur.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bauteil, das zumindest einer aus einem oder mehreren gebildeten Materiallage zu schaffen, das eine hohe Festigkeit bei vergleichsweise geringem Eigengewicht auszuweisen und ggf. eine komplexe Außenkonturform aufweisen kann. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung eines derartigen Bauteils zu schaffen.

Hinsichtlich eines Verfahrens zur Herstellung eines Bauteils der erfindungsgemäßen Art wird diese Aufgabe erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Dadurch wird es auf vorteilhafte Weise möglich, ein hochfestes Bauteil zu schaffen, das sich vorzugsweise durch eine glatte, dünnwandige Außenseite auszeichnet und das aufgrund des zugewandten, dünnwandigen, durch das Metallschäum gebildeten Materialschnitt besonders mechanische Eigenschaften aufweist. Da das zur Umformung verwendete Druckmedium Teil des Werkstückes wird, entfällt ein nachträgliches Entfernen des flüssigen oder gasförmigen Druckmediums.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Veran-

fahrens wird die Materiallage durch den unter Druck stehenden Metallschäum sowie auch durch das Formmittel selbst gegen eine Formwand gedrängt. Aufgrund des durch den Metallschäum aufgebrachten Unterdrucks können dabei vorgegebene Umformanforderungen erreicht werden. Die durch den Metallschäum gegen die Formwand gedrückte Materiallage legt sich dabei, zumindest abschnittsweise unter bleibender plastischer Verformung an die Formwand an. Dabei kann es auch zu einer Haft-Bruchung zwischen dem Metallschäum und der Materiallage entlang einer Trennwandung derselben kommen.

Bis nach Abschlusse des durch den unter Druck stehenden Metallschäum bewirkten Umformvorganges der Materiallage lautet der Metallschäum aus. Der Austrittsvorgang des Metallschäum kann insbesondere durch ein gesteuertes Abkühlen der Formwand beeinflusst werden.

Der in dem Metallschäum herrschende Druck wird vorzugsweise erst dann abgesenkt, wenn der Umformvorgang weitgehend abgeschlossen ist. Die Druckabsenkung wird durch das Abkühlen des Metallschäum erreicht. Durch Senkung der Temperatur des Metallschäum wird die Freisetzung des Treibmittels eingeschränkt. Zudem ist es möglich, den von dem Metallschäum entfallenen Kautschuk beispielsweise durch Zuträglichkeiten eines Kohlenstoffelements zu vergrößern, oder auch umgekehrt durch Druckabsenkung eines solchen Kohlenstoffelements zu verringern.

Eine zur Ausbildung der Materiallage aus einem bleich- oder rohrförmigen Ausgangsmaterial vorteilhafte Ausführungsform des Verfahrens ist dadurch gegeben, daß zum Umformen der Materiallage diese in einen Formraum eingebracht wird, darin, daß die Materiallage in dem Formraum eine erste Formanpassung zwischen einer Formwand und der Materiallage sowie eine von der ersten Formanpassung durch die Materiallage gebildete zweite Formanpassung definieren, wobei im Rahmen des Umformschrittes in die zweite Formanpassung der Metallschäum als Umform-Druckmedium eingebracht wird und dabei die Materiallage gegen die Formwand drängt. Der Umformvorgang wird dabei infolge der Erwärmung der Materiallage durch den Metallschäum unterstützt. Der Formraum bleibt in vorteilhafter Weise geschlossen, bis der Metallschäum vollständig ausgehärtet ist. Erst nach Aushärten des Metallschäum wird der Formraum geöffnet und nach dem Öffnen des Formraumes die durch das Metallschäum-Druckmedium umgeformte Materiallage mit dem dann angeformten Metallschäumabschnitt entnommen.

Durch entsprechende Werkstoffkombinationen ist es möglich, zwischen dem Metallschäum-Druckmedium und der durch diese angeformten Materiallage eine enge Verbindung, insbesondere eine Verschweißung zu erzielen. Es ist auch möglich, insbesondere durch eine entsprechende Beschichtung der zur Umformung vorgesehenen Materiallage eine an sich feste Verbindung mit dem Metallschäum zu erreichen, ohne daß dabei jedoch die Gefügestruktur der angeformten Materiallage verändert wird.

Eine vorteilhafte Ausführungsform des Verfahrens ist dadurch gegeben, daß das Metallschäum-Druckmedium durch eine Metall-Legierung gebildet wird, die durch ein freimittel aufgeschwämmt wird. Dieses Treibmittel wird in vorteilhafter Weise durch vor Aufschäumen der Metall-Legierung in der Metall-Legierungs-Matrix enthaltene chemische Substanzen gebildet. Das derartig in der Metall-Legierungs-Matrix vorbereitete Treibmittel wird in herkömmlicher Weise durch Erhitzen der Metall-Matrix auf eine Temperatur oberhalb eines Schmelzpunktes der Metall-Legierung freigesetzt. Das zur Bildung des Metallschäum vorgesehene Ausgangsmaterial kann dann vorzugsweise durch einen Metallpulver-Prellling gebildet werden, der als solcher

in den Formraum eingebracht wird und dann beispielsweise durch einen Lichtbogen aufgeschmolzen wird.

Bei der Uniformierung verbleibt eine druckeigene Materiallage, die vor einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens die zur Uniformierung vorgesehene Materiallage vorab erhält. Dadurch wird der Uniformierungsvorgang unerlässlich und ein zu rasches Abkühlen des mit der Materiallage in Berührung stehenden Metallschäum-Druckmediums vermieden.

Während des Uniformierungsganges wird vorzugsweise wenigstens die von dem Metallschäum-Druckmedium auszufüllende Formraumportion gasdicht abgeschlossen. Gra eine möglichst geringe Anlage der umzuformenden Materiallage an die entsprechende Formraumwand zu ermöglichen, kann aus der, dem Metallschäum-Druckmedium angewandten Formraumportion vorzugsweise gesteuert Gas entnommen werden.

In vorteilhafter Weise wird wenigstens die von dem Metallschäum-Druckmedium auszufüllende Formraumportion in ein Rahmen eines vorbereitenden Verfahrensschrittes mit einem inerten Gas gepulst. Dadurch wird es möglich, das zur Bildung des Metallschäum-Druckmediums vorgesehene Ausgangsmaterial erheblich über dessen eigentlichen Schmelzpunkt zu erhitzen, ohne daß dabei Teile des Ausgangsmaterials mit geg. in dem Formraum eingeschlossenem Luft Sauerstoff reagieren.

Das Ausschäumen des Metallschäum-Druckmediums wird in vorteilhafter Weise, dem zueilen gesteuert, daß selbige Metallschäum erzeugt wird, bis die durch den Metallschäum gegen die Formwand gedrückte Materiallage ein weiches Anwachsen des Metallschäumvolumens betrieht, so daß der Uniformdruck ausreichend weiter erhöht wird. Durch einen zeitlich kontrollierten Verlust der Metallschäumabkühlung wird so dann in vorteilhafter Weise möglich, den Druckaufbau in dem Metallschäum-Druckmedium zu steuern.

Insbesondere bei der Herstellung kleinerer Werkstücke ist es auch möglich, den Ausschäumvorgang und insbesondere den im Rahmen des Uniformierungsganges auftretenden Maximal-Druck durch die Menge des in den Formraum eingebrachten schaumbildenden Materials zu steuern. Es ist auch möglich, das Mischungsverhältnis zwischen Metall- Legierung und der zur Bildung des Frothmittels vorgesehene chemische Substanz anzustellen aus dem Ziel, den Grad des Auswachsens der schmelzenden Materiallage sowie den gesamten Uniformdruck bedienersprechend zu steuern.

Zur Steuerung, insbesondere Steigerung des Uniformdrucks ist es auch möglich, in einer den Metallschäum auf die Materiallage aufzubringenden Uniformdruck beispielsweise durch Erhitzen eines Hilfs-Druckmittels zum Ändern des Volumens des von dem Metallschäum erhaltenen Rahmens zu erhöhen.

Die zur Uniformierung vorgesehene Materiallage besteht in vorteilhafter Weise aus einem Metallblech, insbesondere einem relativ dünnen Aluminiumblech oder aus einem Al- beschichteten Metall oder Nichtmetall. Das Metallschäum-Druckmedium wird ebenfalls in vorteilhafter Weise durch eine Aluminiumlegierung gebildet.

Hinsichtlich einer Vorrichtung zur Herstellung eines Bauteiles mit einer druckeigenen Materiallage wird die erfindungs angegebene Aufgabe durch eine Vorrichtung mit den in Patentanspruch 21 angegebenen Merkmalen gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen dieser Vorrichtung sind Gegenstand der zugehörigen Unterpunkte.

Hinsichtlich eines Bauteiles wird die erfindungs angegebene, der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe durch ein Bauteil mit den in Patentanspruch 22 angegebenen Merkmalen gelöst.

Ein derartiges Bauteil zeichnet sich neben einer vergleichsweise hohen Oberfläche und einer dünnwandigen Kern aus durch ein hohes Widerstandsmoment, ein hohes Biegezugspannungsvermögen sowie eine gute spezifische Steifigkeit aus.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Bauteils besteht die druckeigene Materiallage aus einem Aluminium-Werkstoff. Insbesondere bei Verwendung eines Aluminium-Werkstoffes zur Bildung der Materiallage ist aus der Metallschäum aus einem Aluminium-Werkstoff gebildet. Eine besonders tragfähige Ausdehnungsform des Bauteiles wird dadurch erreicht, daß die Materiallage und der aus dem Metallschäum gebildete Materialschmitt hintereinander verbunden sind. Eine derartige Verbindung kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß auf der dem Metallschäum zugewandten Seite der Materiallage eine Hafschicht ausgebildet ist, die während des Uniformierungsganges durch den Metallschäum lokal aufgeschmolzen wird und dadurch eine metallische Verbindung zwischen der Materiallage und dem Metallschäumen schließt.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Bauteiles ist die Materiallage aus einem zunächst rohrförmigen Ausgangsmaterial bzw. Halbzug genietet. Dadurch wird es möglich, jeglichen Kontakt des Metallschäum-Druckmediums mit der Formraumwand eines entsprechenden Formwerkzeuges zu verhindern.

Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in Verbindung mit der Zeichnung. Die einzige Figur zeigt eine veranschaulichte Längsschnittansicht durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer dort aufgenommenen, nach dem Metallschäum-Druckmedium angeordneten Materiallage.

Das gezeigte Formwerkzeug umfaßt zumindest ein Formoberteil 1 und zumindest ein Formunterteil 2 zur Bildung eines entlang einer Werkzeug-Teilungsebene verlaufenden Formraumes 3. Sowohl das Formoberteil 1 als auch das Formunterteil 2 sind mit einer Heizanordnung 4 versehen zum Aufheizen der im Formraum 3 begrenzenden Formraumwänden. Bei komplexen Werkstückgeometrien ist es möglich, den Formraum 3 durch ein mehrfach geteiltes Formwerkzeug zu bilden.

In dem Formraumoberteil 1 ist wenigstens ein Eingangskanal 5 ausgebildet, der weichen eine gesteuerte Füllung des Formraumes 3 ermöglichen kann. Auch in dem Formunterteil 2 ist ein Eingangskanal 6 ausgebildet, ebenfalls zur gesteuerten Füllung des Formraumes 3. An den Eingangskanal 6 kann in vorteilhafter Weise eine Vakuum-Verbindungsleitung angeschlossen sein.

Im Bereich der Werkzeug-Teilungsebene bzw. Werkzeug-schließfläche ist bei der hier dargestellten Ausführungsform eine Nachscheibenverstellung 7 vorgesehen, über welche ein Induschiebestoß 8 in den Formraum 3 eingeleitet werden kann. Die Nachscheibenverstellung 7 umfaßt ein Kolbenstempel 9, der über eine veränderliche Abdeckung des Formraumes 3 im Bereich der Werkzeug-Teilungsebene des Formwerkzeuges verschiebbar ist. Es ist auch möglich, einen zusätzlichen Druckaufbau in der Form durch den Flüssig- oder gasförmigen Fluß zu erreichen.

Die Nachscheibenverstellung 7 bzw. das Kolbenstempel 9 sind ebenfalls mit einem Umgebungsdruck 10 versehen, durch welchen eine im Rahmen des Metallschäum-Uniformierungsganges aus dem Metallschäum auszufüllende Formraumportion gesteuert entlang werden kann.

Bei der hier schematisch dargestellten Ausführungsform

der Umformungsrichtung vorantritt wird das zur Umformung des Ausgangshaltbeuges 8 vorgesehene Metallschäumdruckmedium durch ein verformtes, kompaktiertes Ausgangsmaterial 11 gebildet, das zunächst gegen die Kolbenelemente 9 verformungs- und formstabilisierend, in der Formartei 3 einbringbar ist.

Bei der hier dargestellten Ausführungsform der Vorrichtung zur Umformung eines ursprünglich nichtformbaren Ausgangshaltbeuges 8 auf beiden Seiten des Formwerkzeuges 4 entsprechende Nachschubeneinrichtung 7 vorgesehen, wobei jede dieser Nachschubeneinrichtungen 7 einem Vorformteil aus einem Metallblech und einem Treibmittel gebildeten Treibling trägt.

Die Herstellung eines Metallschaum-Verformwerkstückes ist, der vorangehend beschriebenen Vorrichtung gestaltet sich wie folgt:

Zunächst wird das Formartei 1 von dem Formartei 2 abgenommen und das zur Bildung eines Metallschaum-Druckmediums vorgesehene, verformte, kompaktierte Ausgangsmaterial 11 in Form eines in der Figur unterbrochen dargestellten zylindrischen Stabes (oder auch in Form einer oder mehrerer zylindrischer Stäbe) in entsprechende, in den beiden Kolbenelementen 9 zentral ausgebildete Ausnehmungen eingesetzt. Die Kolbenelemente 9 sind dabei derart weit zurückgezogen, daß diese das nunmehr folgende Einbringen eines beispielsweise aus einem Aluminium-Stangematerial gebildeten Ausgangshaltbeuges 8 in das Formartei 2 nicht behindern.

Nachdem werden die Kolbenelemente 9 axial derart verschoben, bis diese das Ausgangshaltbeug 8 in dem Formartei 2 in seine Ausgangsposition positionieren. Anschließend wird das Formartei 1 auf das Formartei 2 unter Auswirkung einer vorgesehene Schließkraft 15 abgesetzt. Der zur Verformung des zu bildenden Bauteils vorgesehene Formartei 3 ist nunmehr geschlossen.

Das in dem Formartei 3 angeordnete Ausgangshaltbeug 8 wird nunmehr eine bei der hier dargestellten Ausführungsform ringförmige, von dem Ausgangsmaterial 11 durch das Ausgangshaltbeug 8 gefüllte Formarteiartei 4 und eine zur Verformung durch das Metallschaum-Druckmedium vorgesehene zweite Formarteiartei 5.

Durch ein sprachliches Aufheben des Ausgangsmaterials 11, beispielsweise durch Einsetzen des Formwerkzeuges 4 in den Formartei 2, wird der Metallschäumungsprozess in Gang gesetzt. Hierbei wird das in dem Ausgangsmaterial 11 enthaltene Metall geschmolzen und das in der metallischen Matrix enthaltene Treibmittel freigesetzt. Der nunmehr entstehende Metallschaum füllt zunächst den gesamten in dem Ausgangshaltbeug 8 gebildeten Innenraum aus. Das Ausdehnen des Metallschaums schreitet so weit fort, bis der Ausgangshaltbeug 8 eine weitere Metallschaum-Volumenvergrößerung zunächst behindert. Dadurch mit steigender weiterer Treibmitteldosis, entsteht ein steigender Schaumdruck auf die Wandung des Ausgangshaltbeuges 8. Das sich unter diesem Schaumdruck verformt und in die Formartei 3 einbringende Formarteiartei 4, unterliegt dabei durch die beim Schmelzprozess auftretende Wärmeentwicklung das entstehende Gas, insbesondere Treibgas, sowie ggf. auch durch Einfließen oder Anlegen von Überdruck durch Absaugen noch begünstigt.

Der in dem Metallschaum-Druckmedium aufgebaute Druck wird der durch einen bewirten Uniformvorgang, kann über die Menge des zur Schaumbildung vorgesehenen Ausgangsmaterials 11, der Treibmitteldosis, die Höhe der Temperatur, die Temperaturführung und die Abkühlbedingungen gesteuert werden. Während des Aufbaues bzw. Uniformens des Ausgangshaltbeuges 8 erfolgt über die Ein-

gangsphase 5 und 6 eine gezielte Einbringung, ggf. durch Verformung eines Überdruckes, nach in den dem Metallschaum-Druckmedium einfließen und sich in dem Vorformteil 3 umformen verformten, formstabilisierenden.

Während des des Ausgangshaltbeuges 8 in dem Formartei 3 einfolge des über den Metallschaum aufgebrachten Uniformdruckes weiter, kann ggf. eine paarweise vorgesehene Kolbenelemente des Ausgangshaltbeuges 8 hinsichtlich seiner axialen Länge gesteuert bzw. verformt werden, wodurch die Aufweitung des Ausgangshaltbeuges 8 bzw. die plastische Verformung des Ausgangshaltbeuges 8 insgesamt unterstützt wird. Spätestens bei Erreichen eines durch den Metallschaum aufgebrachten maximalen Uniformdruckes liegt die durch das Ausgangshaltbeug 8 ursprünglich gebildete Materiallage im wesentlichen ganzflächig an der Innenwandung des Formartei 3 an. Nachdem wird das Formwerkzeug bzw. die Kolbenelemente und das Formartei 2 geöffnet, wobei der Metallschaum entleert. Nach Aushärten des Metallschaums kann vor Öffnen des Formwerkzeuges über beispielsweise durch die Kolbenelemente 9 hindurchgeführte Holzgasungskanäle das erhaltene Metallschaum-Druckmedium entlastet und sofern dies nicht bereits durch die Abkühlung des Metallschaums erfolgt ist, auf Umgebungsdruck entspannt werden.

Nach Beendigung einer entsprechenden Metallschaum-Formungsphase wird das Formwerkzeug geöffnet, indem das Formartei 1 wieder von dem Formartei 2 abgenommen wird. Das entsprechende der Innenkontur des Formartei 3 geformte, und einseitig durch den Metallschaum verformte Werkstück kann nunmehr dem Formartei 3 entnommen werden. Anschließend wird das Formwerkzeug erneut mit einem zur Metallschaumbildung vorgesehenen kompaktierten Ausgangsmaterial 11 sowie mit dem zur Bildung der eine Werkstückrandfläche bildenden Materiallage vorgesehene Ausgangshaltbeug 8 bestückt und ein weiterer Druckumformvorgang kann beginnen.

Das wie vorangehend beschriebene nagestellte Werkstück kann sofern erforderlich, nachbearbeitet werden.

Obgleich die Erfindung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels beschrieben wurde, bei welchem ein uniformes Ausgangshaltbeug durch ein Metallschaum-Druckmedium umgeformt wurde, ist es auch möglich, beispielsweise plattenförmige oder ggf. bereits durch ein Teilumformverfahren bzw. biegen groß vorgestrichene Ausgangsmaterialien durch das Metallschaum-Druckmedium gegen eine entsprechende Formwandung zu pressen und entsprechend umzuformen. Das Metallschaum-Druckmedium kann auch zwischen wenigstens zwei teilumformgeschützten Materiallagen eingebracht werden zur Erzeugung eines Sandwich-Bauteiles mit durch Umformung entstehenden Formkonturen.

Allernachst zu dem vorangehend beschriebenen diskontinuierlichen Uniformverfahren ist es auch möglich, das Metallschaum-Druckmedium zur kontinuierlichen Umformung insbesondere ringförmiger Ausgangshaltbeuge zu verwenden. Es ist auch möglich, das zur Bildung des Metallschaum-Druckmediums vorgesehene Ausgangsmaterial unmittelbar an dem zur Umformung vorgesehenen Ausgangshaltbeug in Form einer entsprechenden Beschichtung mit ggf. mehreren Lagen vorzuschieben, so daß unmittelbar durch das entsprechend mehrschichtige Ausgangshaltbeug auch das zur Bildung des Metallschaum-Druckmediums vorgesehene Ausgangsmaterial in ein entsprechendes Formwerkzeug eingebracht ist.

Das gebildete Bauteil ist dann beispielsweise ein Rohr-Körper mit hoher Steifigkeit. Durch Ausbildung von Zonen unterschiedlicher Schaum-Dichte ist es möglich, ein Bauteil mit Knochenstruktur zu schaffen. Die Schaum-Dichte ist

vorzugsweise im Randbereich des Bauteils höher als in den weiter innen liegenden Bereichen. Die Schaumdichte ändert sich vorzugsweise stetig. Die Dichteverteilung des Schaums kann insbesondere durch einen Abkühlvorgang gesteuert werden.

Für den Fall, daß das schaumbildende Material in Form einer Beschichtung auf der zur Umformung vorgesehenen Materiallage vorbereitet ist, ist es möglich, diese Beschichtung ggf. aus mehreren Schichten mit unterschiedlichen Schaumeigenschaften aufzubringen. Dadurch wird es möglich, insbesondere im Randbereich eine extrem tragfähige Zone hoher Schaumdichte auszubilden.

In Verbindung mit einem beispielsweise extern zugeführten vorzugsweise gestörten Uniform-Druckmedium können auch schalenartige Bauteile oder Hohlkörper gebildet werden, die eine druck- und/oder formstabile Materiallage und eine daran angrenzende Zone aus Metallschaum aufweisen.

Die im Rahmen des Metallschaum-Druckumformvorganges umgeformte Materiallage muß nicht notwendigerweise die Außenschicht eines entsprechenden Werkstücks bilden.

Die Haftung des Metallschaumbestandes an der durch den Metallschaum umgeformten Materiallage kann durch entsprechende Beschichtungen der dem Metallschaum zugewandten Seitenfläche der Materiallage beeinflusst werden. Das Metallschaum-Druckmedium muß nicht unbedingt in dem Formraum gebildet werden.

Patentsprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils, das eine aus einem duktiven Material gefertigte, im Rahmen zumindest eines Umformschrittes in geformte Materiallage und einen aus einem Metallschaum gebildeten Abschnitt aufweist, wobei im Rahmen des Umformschrittes die Materiallage durch einen über den Metallschaum als Uniform-Druckmedium aufgegebenen Uniformdruck umgeformt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Materiallage durch den bis und durch den Metallschaum entstehenden Uniformdruck gegen eine Formwand gedrückt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Materiallage sich zumindest abschnittsweise unter Einwirkung plastischer Verformung an die Formwand anlegt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum im Anschluß an den Umformvorgang der Materiallage ausströmt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum und die Materiallage im Rahmen des Umformvorganges oder des nachfolgenden Ausströmungsvorganges eine Verbindung eingehen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der in dem Metallschaum herrschende Druck im Anschluß an den Umformvorgang abgesenkt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zum Umformen der Materiallage diese in einen Formraum eingebracht wird, worin die Materiallage in dem Formraum eine erste Formraumpartition zwischen einer Formwand und der Materiallage sowie eine zweite, von der ersten Formraumpartition getrennte Formraumpartition definiert, wobei im Rahmen des Umformschrittes in die zweite Formraumpartition der Metallschaum als Uniform-Druckmedium eingebracht wird und dieses die Materi-

allage gegen die Formwand drängt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum in dem Formraum ausströmt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Formraum nach Ausströmen des Metallschaums gedichtet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Öffnen des Formraums die durch den Metallschaum-Druckmedium umgeformte Materiallage mit einem daran angeformten Metallschaumbestandteil einmauliert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Metallschaumdruckmedium durch eine Metall-Legierung gebildet wird, die durch ein Treibmittel ausgedehnt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Treibmittel aus Mitteln gebildet wird, die vor Aufschäumen der Metall-Legierung in der Metall-Legierungsmatrix enthalten sind.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß durch in der Metall-Legierungsmatrix vorbereitete Mittel durch Erhitzen der Metall-Matrix auf eine Temperatur oberhalb eines Schmelzpunktes der Metall-Legierung das Treibmittel ausströmt bzw. wirksam wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Umformung vorgesehene Materiallage vorab erhitzt wird.

15. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 7 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Formraumpartitionen gasdicht abgeschlossen wird.

16. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Formraumpartitionen im Rahmen eines vorbereitenden Verfahrensschrittes mit einem inertem Gas gesüllt wird.

17. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufschäumen des Metallschaumdruckmediums solange erfolgt, bis die Materiallage ein weiteres Anwachsen des Metallschaumvolumens behindert.

18. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckaufbau in dem Metallschaum-Druckmedium über den zeitlichen Verlauf der Metallschaumbildung gesteuert wird.

19. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufschäumvorgang über die Menge des schaumbildenden Materials gesteuert wird.

20. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufschäumvorgang über eine zur Schaumbildung vorgesehene Treibmittelmenge bzw. über den Treibmitteldruck gesteuert wird.

21. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufschäumvorgang durch die Temperaturregulation, insbesondere durch die Abkühlbedingungen, gesteuert wird.

22. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in dem Metallschaumdruckmedium durch ein zusätzliches Druckmedium erhöht wird.

23. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Materiallage aus einem vorzugsweise durch einen Mößlichkeits gebildet wird, wobei das schaumbildende Material in Form einer Beschichtung der Materiallage vorbereitet ist.

24. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1

23. dadurch gekennzeichnet, daß das Metallschaum-Druckmedium durch eine Aluminiumlegierung gebildet wird.

25. Vorrichtung zur Herstellung eines Bauteils, das Metallschaum und eine durch den Metallschaum druckumgeformte Materiallage (12) umfaßt, mit einem Formwerkzeug zur Bildung eines Formraumes (3), wobei das Formwerkzeug in eine Beschickungsstellung bringbar ist, zum Einfüllen eines zur Bildung der Materiallage vorgesehenen Ausgangsmaterials (8), und einer Metallschaumfreisetzungseinrichtung zum Erzeugen oder Freisetzen eines Metallschaum-Druckmediums zum Umformen des Ausgangsmaterials (8) in dem Formraum (3).

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Formwerkzeug zumindest ein erstes Formteil und ein zumindest zweites Formteil aufweist, wobei zwischen diesen beiden Formteilen ein Werkzeug-Teilungsfläche definiert ist.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Formteil ein Formoberteil (1) bildet, und daß das zweite Formteil ein Formunterteil (2) bildet, und daß beide Formteile (1, 2) mit einer Heizeinrichtung (4) versehen sind, zum Aufheizen der Formteile (1, 2).

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß eine Nachschiede- oder Komprimierungseinrichtung (7) vorgesehen ist zum Komprimieren bzw. Nachformen des Metallschaum-Druckmediums und/oder der Ausgangsmateriallage (8).

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachschiede- oder Komprimierungseinrichtung (7) im Bereich der Werkzeugteilungsfläche vorgesehen ist.

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß eine Entgasungseinrichtung (10) vorgesehen ist zur Entgasung der mit dem Metallschaum-Druckmedium erfüllten Formraumstruktur.

31. Bauteil, bestehend aus einer aus einem duktilen Material gebildeten Materiallage und einem aus Metallschaum gebildeten Materialabschnitt, wobei die Materiallage durch einen über den Metallschaum als Uniform-Druckmedium aufgetragenen Uniformdruck aus einer Ausgangsmateriallage druckumgeformt ist.

32. Bauteil nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Materiallage aus einem Aluminium-Werkstoff besteht.

33. Bauteil nach Anspruch 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum aus einer Aluminiumlegierung besteht.

34. Bauteil nach wenigstens einem der Ansprüche 31 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Materiallage und der aus dem Metallschaum gebildete Materialabschnitt miteinander verbunden sind.

35. Bauteil nach wenigstens einem der Ansprüche 31 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Materiallage aus einem röhrenförmigen oder plattenförmigen Halbzug- bzw. Ausgangsmaterial gebildet ist.

- Leerseite -

